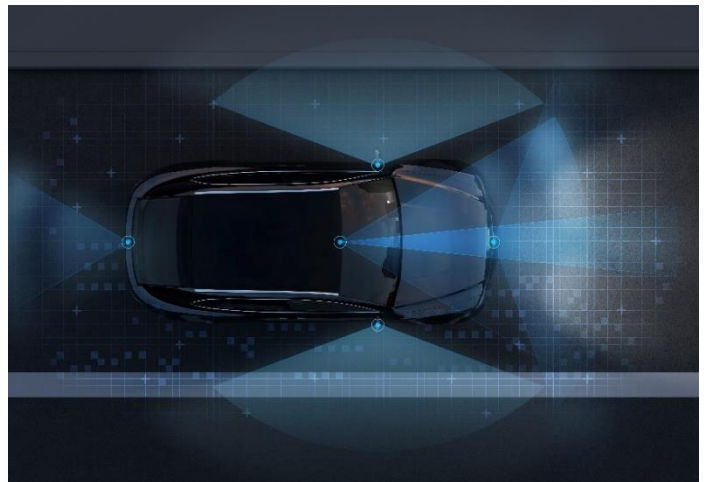


LiDAR: Die Messung der Messgeräte ist entscheidend

Präzise und zuverlässige Messungen sind bei LiDAR Systemen ein Muss – was bedeutet dies für die Konstruktion der Systeme?

LiDAR ist für viele Experten die Sensortechnologie, die dem teilautonomen oder autonomen Fahren den Durchbruch ermöglicht. Insbesondere die Kombination von LiDAR mit anderen Detektoren und Entfernungsmessgeräten wie Kameras und Radar erweist sich als sehr vielversprechend. Die Integration mehrerer unterschiedlicher Technologien gewährleistet, dass mindestens zwei unabhängige, redundante Systeme hochauflösende 3D-Informationen zur Umgebung des Fahrzeugs mit geringer Fehlerrate liefern. Aber nicht nur im autonomen Fahren erweist sich LiDAR als eine Schlüsseltechnologie. In zahlreichen anderen Anwendungsbereichen, von der Kartierung über die industrielle Automatisierung/Robotik über Smart Cities und die Raumfahrt bis hin zu Sicherheit und Verteidigung, liefern die Sensoren der Forschung erheblichen Vorschub. Gerade vor kurzem wurden archäologische Stätten der Mayas in den Tiefen des Dschungels entdeckt und die Luftverschmutzung in den Städten, die mittels LiDAR gemessen wurde, war ein heißes Thema in den Medien.

Doch auch wenn die Vorteile von LiDAR unbestritten und die Anwendungsgebiete vielfältig sind, in Hinblick auf Augensicherheit, Energieverbrauch und zuverlässige Systemverfügbarkeit sind die Entwicklungen längst nicht abgeschlossen. Es ist entscheidend zu wissen, wie sich die Lichtquelle in den Systemen verhält, um den Erfolg des Gesamtsystems zu gewährleisten. Es gilt, LiDAR Parameter wie die durchschnittliche Leistung, Pulsenergie, Wellenlänge, Pulsbreite, Wiederholrate oder die Strahldivergenz zu messen und richtig zu beurteilen.



Charakteristiken von LiDAR Systemen

Um eine geeignete Lösung zur zuverlässigen Messung von LiDAR Systemen zu finden, müssen die Charakteristiken der verwendeten LiDAR Systeme bekannt sein. Die meisten LiDAR Systeme basieren auf einer Entfernungsmessung mit dem gepulsten Laufzeitverfahren (engl. Time of Flight - ToF). Zur Herstellung zuverlässiger ToF Flash LiDAR Systeme ohne mechanisch bewegliche Teile, müssen Intensität, Phase und Frequenz des übertragenen Signals genau moduliert werden, so dass Nanosekunden-Pulse mit einer sehr hohen Spitzenleistung entstehen. Die Pulsenergie der LiDAR Systeme muss anschließend präzise gemessen werden, da die Pulse einerseits lange Entfernungen zurücklegen, andererseits aber die zulässigen Expositionsgrenzwerte – selbst eine komplexe Funktion aus Wellenlänge, Wiederholrate und Pulsenergie - nicht überschreiten dürfen.

Augensicherheit

Die Augen von Menschen und Tieren reagieren sehr empfindlich auf Laserlicht, so dass sich die Frage stellt: Was kann als augensicher bezeichnet werden? Zahlreiche LiDAR Systeme nutzen Wellenlängen zwischen 905 und 940 nm. Bei diesen Wellenlängen fällt das Licht nahezu ungefiltert auf die Netzhaut. Im Gegensatz dazu liegt die Schwelle für eine Schädigung der Netzhaut bei einer Wellenlänge von 1550 nm deutlich höher als bei den niedrigeren Wellenlängen. Hier können höhere Leistungen angewendet und in der Folge auch längere Distanzen überbrückt werden.

Doch selbst bei einer Wellenlänge von 1550 nm kann es zu Schäden der Hornhaut kommen, sobald die Laserleistung zu hoch ist. Bei der Entwicklung eines LiDAR Systeme muss deshalb immer das ganze Bild betrachtet werden. Die Messung und genaue Festlegung der Pulsenergie und -leistung sind essentiell, um die Grenzen der Laserstrahlung in Hinblick auf die Augensicherheit einhalten zu können. Und auch die LiDAR Sensoren selbst können durch eine zu starke Laserstrahlung geschädigt werden.

Herausforderungen bei der Messung

Die typische Pulsdauer von LiDAR Systemen liegt zwischen wenigen Nanosekunden und wenigen 100 Nanosekunden bei Wiederholraten (PRR) im kHz- oder MHz-Bereich. Hohe PRRs sind entscheidend, um schnelle Scans und zuverlässige 3D-Rückmeldungen der gescannten Umgebung zu erhalten. Die Kombination aus einer hohen Spitzenleistung und einer geringen durchschnittlichen Leistung erfordert eine spezielle Messtechnik. Hier kommen beispielsweise Leistungssensoren mit speziellen Frequenzmoden zum Einsatz. Auch Ulbrichtkugeln von Ophir mit einem Leistungsbereich zwischen $1\mu\text{W}$ und 30W können sehr divergente Strahlen messen. Entscheidend ist dabei die Charakterisierung des Pulses. Ophir Ulbrichtkugeln der Serie IS1.5 (Abb. 1) sind mit schnellen Photodioden ausgestattet und ermöglichen damit die präzise Messung der Puls-zu-Puls-Energie.

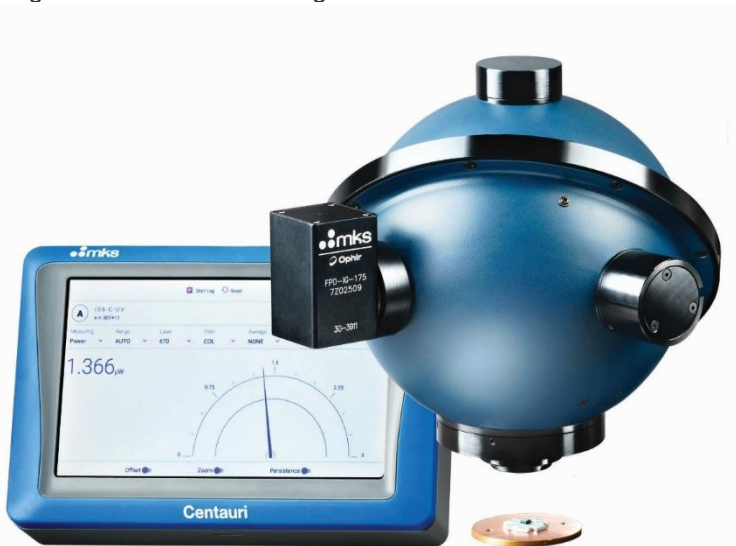


Abb. 1: Die Ulbrichtkugel Ophir IS1.5 ist mit einer schnellen Photodiode ausgestattet, um die Puls-zu-Puls-Energie zu messen. Hier zusammen mit einem Centauri Anzeigegerät.

Zusätzlich kann ein Spektrometer angeschlossen werden, so dass alle Messungen parallel ausgeführt werden können. Um Pulsdehnungen zu vermeiden, müssen Ulbrichtkugeln mit einem kleinen Durchmesser genutzt werden. Eine andere Option zur Messung der Pulsenergie bieten pyroelektrische und Photodioden-Sensoren. Diese Sensoren können Pulsraten bis 25 kHz und Pulsenergien bis hinunter aus 10 pJ bei 900nm und 30 pJ bei 1550 nm messen.

Um sicherzustellen, dass die Lichtquelle mit maximaler Effizienz betrieben wird, sollte die durchschnittliche Leistung gemessen werden. So lassen sich Probleme beim Energieverbrauch, die gerade in batteriebetriebenen fliegenden Vehikeln wie Drohnen sicherheitsrelevant sind, sofort erkennen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in Hinblick auf die Präzision von LiDAR Systemen ist die Qualität des Rücksignals im Vergleich zu dem ausgesendeten Signal. Ist die Leistung der Lichtquelle von gleichbleibend hoher Qualität, lässt sich das Rücksignal genauer auswerten. Strahlprofilmessgeräte von Ophir analysieren Qualität, Größe und Form des Strahls ebenso wie die Divergenz sowohl im Nah- als auch im Fernbereich sehr präzise.

Schlussfolgerung

Die meisten werden zustimmen, dass robuste und akkurate LiDAR Systeme im Automobilbereich für die Entwicklung autonom fahrenden Fahrzeuge entscheidend sind. Auch wenn die Messung, Analyse und volle Charakterisierung der Lichtquellen nur einen kleinen Teil auf dem Weg zum großen Ziel ausmacht, kommt diesen Auswertungen eine entscheidende Bedeutung in Hinblick auf den langfristigen Erfolg zu.

Authors: Dr. Simon Rankel and John McCauley, Ophir